

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001年4月19日 (19.04.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/27600 A1

(51) 国際特許分類⁷: G01N 21/956, H01L 21/66

(21) 国際出願番号: PCT/JP00/07147

(22) 国際出願日: 2000年10月13日 (13.10.2000)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願平11/291968
1999年10月14日 (14.10.1999) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 住友金属工業株式会社 (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者: および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 柳瀬好生

(YANASE, Yoshio) [JP/JP]; 〒849-1615 佐賀県藤津郡太良町大字大浦乙159-1 Saga (JP). 中村 修 (NAKAMURA, Osamu) [JP/JP]; 〒289-0617 千葉県香取郡東庄町羽計2471-7 Chiba (JP). 小池 隆 (KOIKE, Takashi) [JP/JP]; 〒848-0023 佐賀県伊万里市大坪町丙1230-1 Saga (JP). 工藤 翼 (KUDO, Noboru) [JP/JP]; 〒659-0053 兵庫県芦屋市松浜町8-18-102 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 井内龍二 (IUCHI, Ryuji); 〒595-0025 大阪府泉大津市旭町18番1-3103号 Osaka (JP).

(81) 指定国(国内): DE, JP, KR, US.

添付公開書類:
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドスノート」を参照。

(54) Title: METHOD FOR INSPECTING SURFACE OF SEMICONDUCTOR WAFER

(54) 発明の名称: 半導体ウェーハ表面の検査方法

(57) Abstract: An inspection method for detecting particles adhering to the surface of a semiconductor wafer or defects, e.g. SF, mound, dislocation existing in the vicinity of the surface of a semiconductor wafer accurately at low cost regardless of the skill of an inspector comprising a step of scanning the wafer surface with a laser beam, a step of receiving light reflected or scattered by the wafer surface by means of a plurality of light receiving systems having different light receiving angles, and a step of determining the shape and kind of a defect existing on the wafer surface based on the ratio between the intensities of light received by the plurality of light receiving systems.

(57) 要約:

本発明は、半導体ウェーハ表面に付着したパーティクルや半導体ウェーハ表面近傍に存在するSF、マウンド、転位等の欠陥等を、検査員の能力に左右されることなく低コストで種類別に正確に判別することができる検査方法を提供することを目的としており、ウェーハ表面にレーザー光線を照射して走査させ、ウェーハ表面から反射あるいは散乱した光を、受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数の受光系における受光強度比に基づいてウェーハ表面に存在する欠陥等の形態及び種類を判別するものである。

WO 01/27600 A1

明細書

半導体ウェーハ表面の検査方法

技術分野

本発明は半導体ウェーハ表面の検査方法に関し、より詳細には酸化膜耐圧等、半導体ウェーハを用いて作製されるLSI等の電気的特性に影響を与える半導体ウェーハ表面及び表面近傍に存在する欠陥及び付着パーティクル等（以下、これらを含めて欠陥等と記す）を種類別に判別・検出して半導体ウェーハの品質を評価するための半導体ウェーハ表面の検査方法に関する。

背景技術

従来、半導体ウェーハの表面検査装置で検出される輝点（Light Point Defect（L P D））としては、半導体ウェーハ上の付着パーティクルなどの付着異物と、表面及び表面近傍の結晶欠陥あるいは表面キズ、スクラッチ、シャローピット等（以下これらを含めて表面キズ等と記す）が知られている。このうち前記付着異物は半導体ウェーハ表面で凸状に観察され、前記結晶欠陥等は、鏡面加工ウェーハ表面では主として四角錐ピットや四角錐突起〔（100）ウェーハ〕や、三角形あるいは六角形ピットや突起〔（111）ウェーハ〕として、エピタキシャルウェーハ表面では主として正方形あるいはその一部の形状が凹あるいは凸〔（100）ウェーハ〕や、三角形あるいはその一部の形状が凹あるいは凸〔（111）ウェーハ〕として観察される。

半導体ウェーハの品質評価の観点からは、これら付着異物や結晶欠陥および表面キズ等は細かく種類別に分けて検出されることが望ましいが、従来の半導体ウェーハ表面の検査方法では、ウェーハ表面にレーザー光線を照射し、前記ウェーハ表面から反射された所定角度の散乱光を検出し、先に求めておいた所定粒径の標準粒子の測定結果と比較することにより、付着異物や結晶欠陥の全てを含めたサイズ毎のL P D数を求めることが行われてきた。

しかしながら、かかる方法では、付着異物や結晶欠陥等あるいは表面キズ等（以下、これらを含めて欠陥等と記す）の種類を判別することは、たとえば鏡面ウ

エーハにおけるパーティクルとGrown-in欠陥（COP）との分離を、パーティクルの凸形状に対してGrown-in欠陥のピット形状として凹凸認識による分離の可能性が報告されていたが、実際には凹凸認識が不完全なため、パーティクルとGrown-in欠陥（COP）との分離は困難であることが明らかになってきており、またGrown-in欠陥の全てが凸形状でないことも明らかとなってきている。

またエピタキシャルウェーハにおける結晶欠陥は、積層欠陥（SF：Stacking Fault）、マウンド、転位等（以下、これらをエピ欠陥と記す）、種類が多く、またこれらのエピ欠陥は、凸形状のものもあれば、凹形状のものもあり、さらには凹凸両形状を有しているものもある。このため、凹凸形状で分離する方法の分離確率が低いことに加え、エピ欠陥の全てが凸形状であるわけではないために、エピ欠陥とパーティクルとの分離や、さらには欠陥の種類の判別等は、全く不可能な状況にあった。

これら欠陥等の種類の判別については、研究レベルでは、原子間力顕微鏡（AFM：Atomic Force Microscope）や走査型電子顕微鏡を用いれば可能ではあるが、これらの顕微鏡を用いて欠陥等を観察するには、欠陥等に比べるととても広い面積のウェーハ表面において、まず欠陥等の存在する座標位置を検出しなければならず、この検出作業が大変であり、この後欠陥等の存在する箇所にAFM等の焦点を持っていかなければならない。これらの作業には膨大な手間暇を要する上に、破壊検査ではないけれども製品の品質を低下させる可能性があるために、全ての製品にこの種の顕微鏡を用いた検査を行うことは事実上不可能であった。このため、実際には検査員による目視判別方法（暗室にて高輝度スポットライト光を照射し、目視により散乱体を検出する方法）が採用されていた。

レーザー表面検査装置の1受光系のみを用いて測定される欠陥サイズは標準粒子換算サイズであり、この標準粒子換算サイズは欠陥等の形状により実際のサイズとは大きく異なるものであり、欠陥サイズに基づく欠陥等の種類判別は信頼性の点からは問題が残っている。またパーティクルと欠陥とを、凹凸の形状の違いとして分離する方法は、その信頼性の低さのみならず、凸形状の欠陥が存在するウェーハには全く適用ができなかった。また、検査員による目視判別方法では、その判別能力が検査員の能力に大きく依存しており、不安定、かつ今後の

ウェーハに対する検査要求項目の高度化に対応することは困難であり、さらにはウェーハの大口径化に伴い、欠陥等を見逃してしまう確率が大きくなるといった課題を抱えていた。また、検査員による目視判別方法では、まず、その検査員の能力を評価しておかなければならず、工程数及びコストの増大を招いていた。

発明の開示

本発明は上記課題に鑑みなされたものであって、半導体ウェーハ表面に付着したパーティクルと半導体ウェーハ表面近傍に存在するたとえば鏡面ウェーハにおける表面キズ等、あるいは表面近傍Bulk中のGrown-in欠陥等の分離検出、あるいはエピタキシャルウェーハにおける付着パーティクルとSF、マウンド、転位等の欠陥等とを、検査員の能力に左右されることなく低コストで種類別に正確に判別することができる半導体ウェーハ表面の検査方法を提供することを目的としている。

上記目的を達成するために本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（1）は、ウェーハ表面にレーザー光線を照射して走査させ、前記ウェーハ表面からの反射あるいは散乱した光を、入射光に対する受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数の受光系における受光強度比に基づいてウェーハ表面及び表面近傍に存在する欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴としている。

上記した半導体ウェーハ表面の検査方法（1）の場合、ウェーハ表面にレーザー光線を照射して走査させ、前記ウェーハ表面から反射あるいは散乱した光を、入射光に対する受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数の受光系における受光強度比に基づいてウェーハ表面に存在する欠陥等の形態及び種類を判別するので、欠陥等の種類により低角度受光系と高角度受光系とでは検出される欠陥サイズに大きな相違があることを利用することができ、欠陥等の種類をかなり正確に判別することができる事となる。この判別は検査員によるものではないため、検査の自動化が可能であり、また、検査員の能力に依存することなく、安定、かつ今後のウェーハ検査要求項目の高度化、ウェーハの大口径化にも対応することができる。また、検査員をあらかじめ評価しておく必要もなく、検査工程数及びコストの大幅削減をはかることができる。

また本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（2）は、ウェーハ表面にレ

レーザー光線を照射して走査させ、前記ウェーハ表面から反射あるいは散乱した光を、入射光に対する受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数の受光系における受光強度比に基づく標準粒子換算サイズの差異より、ウェーハ表面に存在するレーザー光散乱体の水平方向長さと垂直方向高さ、あるいは水平方向長さとそれに直交する水平方向長さとの差違を算出し、ウェーハ表面に存在する欠陥等の形態および種類を判別することを特徴としている。

上記した半導体ウェーハ表面の検査方法（2）の場合、ウェーハ表面にレーザー光線を照射して走査させ、前記ウェーハ表面から反射あるいは散乱した光を、入射光に対する受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数の受光系における受光強度比に基づく標準粒子換算サイズの差異より、ウェーハ表面及び表面近傍に存在するレーザー光散乱体の水平方向長さと垂直方向高さあるいは水平方向長さとそれに直交する水平方向長さとの差違を算出し、ウェーハ表面に存在する欠陥等の形態及び種類を判別するので、欠陥等と付着異物との明確な分離を行うことができ、さらには欠陥等の種類をかなり正確に判別することができることなる。この判別は検査員によるものではないため、検査の自動化が可能であり、また、検査員の能力に依存することなく、安定、かつ今後のウェーハ検査要求項目の高度化、ウェーハの大口径化にも対応することができる。また、検査員をあらかじめ評価しておく必要もなく、検査工程数及びコストの大幅削減をはかることができる。

また、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（3）は、上記半導体ウェーハ表面の検査方法（1）又は（2）において、レーザー表面検査装置として少なくとも1入射2受光系を備えたレーザー表面検査装置を用いることを特徴としている。

前記レーザー表面検査装置の受光系として、少なくとも入射光に対する低角度受光系と高角度受光系の2受光系を備えておれば、上記半導体ウェーハ表面の検査方法（1）又は（2）の実施は可能であり、レーザー表面検査装置として1入射2受光系のレーザー表面検査装置を用いることにより検査コストを低く抑えることができる。

また、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（4）は、上記半導体ウェ

一ハ表面の検査方法（1）～（3）のいずれかにおいて、前記半導体ウェーハがエピタキシャル半導体ウェーハであることを特徴としている。

本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法は、精度良くウェーハ表面に存在する欠陥等の種類を判別することができるため、欠陥等の種類が多く、かつ欠陥数の少ないエピタキシャル半導体ウェーハにも適用することができる。

また、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（5）は、上記半導体ウェーハ表面の検査方法（1）～（4）のいずれかにおいて、Aを高角度受光系で検出されたL P D（Light Point Defect）の受光強度あるいは標準粒子換算サイズとし、Bを低角度受光系で検出されたL P Dの受光強度あるいは標準粒子換算サイズとした場合、A、BおよびA／Bで与えられる数値の組み合わせにより、欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴としている。

上記半導体ウェーハ表面の検査方法（5）によれば、半導体ウェーハ表面に付着したパーティクルや半導体ウェーハ表面近傍に存在するS F、マウンド、転位等の欠陥等を、正確に分類することができ、半導体ウェーハの品質評価を正確に行うことができる。

また、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（6）は、上記半導体ウェーハ表面の検査方法（1）～（4）のいずれかにおいて、Aを高角度受光系で検出されたL P D（Light Point Defect）の標準粒子換算サイズとし、Bを低角度受光系で検出されたL P Dの標準粒子換算サイズとした場合、下記の表1に基づいて欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴としている。

【表1】

A、Bの関係、範囲	実形状
$A \geq B \times 1.13$	積層欠陥（Stacking Fault）
$A < B \times 1.13$	非エピ層起因異物（付着粒子）
$B < 90 \text{ nm}$ and $A > 107 \text{ nm}$	微小高低欠陥（hillock、shadow）
$B > 160 \text{ nm}$ and $A < 107 \text{ nm}$	異常成長（大pit、突起）
上記以外	異常生成物

上記した半導体ウェーハ表面の検査方法（6）によれば、半導体ウェーハ表面に付着したパーティクルや半導体ウェーハ表面近傍に存在するS F、マウンド、転位等の欠陥等を正確に分類することができ、半導体ウェーハの品質評価を正確に行うこと 가능となる。

また、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（7）は、上記半導体ウェーハ表面の検査方法（1）～（3）のいずれかにおいて、前記半導体ウェーハが鏡面加工された半導体ウェーハであることを特徴としている。

本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法は、ウェーハ表面に存在する欠陥等と、表面キズ等および表面近傍Bulk中のGrown-in欠陥とを精度良く分離することができるため、鏡面研磨された半導体ウェーハにも適用することができる。

また、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（8）は、上記半導体ウェーハ表面の検査方法（7）において、Aを高角度受光系で検出されたL P D（Light Point Defect）の受光強度あるいは標準粒子換算サイズとし、Bを低角度受光系で検出されたL P Dの受光強度あるいは標準粒子換算サイズとした場合、A、BおよびA／Bで与えられる数値の組み合わせにより、欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴としている。

上記半導体ウェーハ表面の検査方法（8）によれば、半導体ウェーハ表面に付着したパーティクルあるいはC O Pと、表面キズ等や半導体ウェーハ表面近傍Bulk中に存在するGrown-in欠陥等とを、正確に分類することができ、半導体ウェーハの品質評価を正確に行うこと 가능となる。

また、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（9）は、上記半導体ウェーハ表面の検査方法（1）～（3）又は（7）のいずれかにおいて、Aを高角度受光系で検出されたL P D（Light Point Defect）の標準粒子換算サイズとし、Bを低角度受光系で検出されたL P Dの標準粒子換算サイズとした場合、下記の表2に基づいて欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴としている。

【表 2】

A、Bの関係、範囲	実形状
$A \geq B \times 1.13$ または $B < 90 \text{ nm}$ and $A > 107 \text{ nm}$	スクラッチ、キズ、シャローピット
$A < B \times 1.13$	付着粒子あるいはCOP
$B \geq 85 \text{ nm}$ and $A < 107 \text{ nm}$	表面近傍 Bulk 中 Grown-in 欠陥

上記した半導体ウェーハ表面の検査方法（9）によれば、半導体ウェーハ表面に付着したパーティクルあるいはCOPと、表面キズ等や半導体ウェーハ表面近傍Bulk中に存在するGrown-in欠陥等とを正確に分類することができ、半導体ウェーハの品質評価を正確に行うこととなる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る実施例1において検出されたLPDの実形状をAFMで確認し、分類した結果を示す図である。

図2は、実施例1において検出されたLPDの実形状をAFMで確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

図3は、実施例1において検出されたLPDの実形状をAFMで確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

図4は、実施例1において検出されたLPDの実形状をAFMで確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

図5は、実施例1において検出されたLPDの実形状をAFMで確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

図6は、実施例1において検出されたLPDの実形状をAFMで確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

図7は、実施例1において検出されたLPDの実形状をAFMで確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

図8は、実施例1において検出されたLPDの実形状をAFMで確認した結果

の一例を示す顕微鏡写真である。

図9は、実施例1において検出されたLPDの実形状をAFMで確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

図10は、実施例2において検出されたLPDの実形状をAFMで確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

図11は、実施例2において検出されたLPDの実形状をAFMで確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法の実施の形態を図面に基づいて説明する。

実施の形態に係る半導体ウェーハ表面の検査方法では、例えば1入射2受光系のレーザー表面検査装置を用い、低角度受光系と高角度受光系の2受光系においてそれぞれLPDを検出し、各受光系で得られたLPDの座標、受光強度あるいは標準粒子換算サイズデータおよび（高角度受光強度あるいは標準粒子換算サイズ／低角度受光強度あるいは標準粒子換算サイズ）の表を作成しておく。

次に、高角度受光系でのみ検出されたLPD、低角度受光系でのみ検出されたLPD、（高角度受光強度あるいは標準粒子換算サイズ／低角度受光強度あるいは標準粒子換算サイズ）値の異なるLPDを選出し、その実形状をAFM等を用いて実際に観察する。

次に、AFM等を用いて観察された前記LPDの実形状をもとに、低角度受光系と高角度受光系との光学系各々で検出された受光強度あるいは標準粒子換算サイズの比較から、欠陥等の種類別の特性を把握する。その結果、例えば、低角度受光系と高角度受光系との各々で検出された標準粒子換算サイズと欠陥種との関係を、エピタキシャルウェーハにおいては下記の表1に、鏡面ウェーハに関しては下記の表2に示したように分類・整理することができた。

【表 1】

A、Bの関係、範囲	実形状
$A \geq B \times 1.13$	積層欠陥 (Stacking Fault)
$A < B \times 1.13$	非エピ層起因異物 (付着粒子)
$B < 90 \text{ nm}$ and $A > 107 \text{ nm}$	微小高低欠陥 (hillock, shadow)
$B > 160 \text{ nm}$ and $A < 107 \text{ nm}$	異常成長 (大 pit、突起)
上記以外	異常生成物

【表 2】

A、Bの関係、範囲	実形状
$A \geq B \times 1.13$ または $B < 90 \text{ nm}$ and $A > 107 \text{ nm}$	スクラッチ、キズ、シャローピット
$A < B \times 1.13$	付着粒子あるいはCOP
$B \geq 85 \text{ nm}$ and $A < 107 \text{ nm}$	表面近傍 Bulk 中 Grown-in 欠陥

ここで、Aは高角度受光系で検出されたL P Dの標準粒子換算サイズを示しており、Bは低角度受光系で検出されたL P Dの標準粒子換算サイズを示している。

しかしながら、用いるレーザー表面検査装置によって受光系の角度が異なり、また測定下限値および測定上限値は、各レーザー表面検査装置によって異なる。このため、欠陥判定に用いるAおよびBおよびA/Bの値も各レーザー表面検査装置によって異なる可能性はある。またエピタキシャルウェーハの場合は、欠陥サイズがエピタキシャル膜厚に依存しており ((100) ウェーハの場合、S F 長さはエピタキシャル膜厚の約1.4倍) エピタキシャル膜厚が異なる場合は、A及びB及びA/Bの値も異なる可能性はある。

従来の方法ではエピタキシャルウェーハの場合は、レーザー表面検査装置により検出された付着異物やエピ欠陥の全てを含めた1つの受光系におけるサイズ毎

のL P D数を、また鏡面研磨ウェーハの場合は、レーザー表面検査装置により検出された付着異物やGrown-in欠陥を含めた1つの受光系におけるサイズ毎のL P D数を求ることはできても、上記表1あるいは上記表2に示したように、欠陥等の種類別に分けて検出することはできなかった。

また、レーザー表面検査装置の1受光系のみを用いて測定される欠陥サイズは標準粒子換算サイズであり、この標準粒子換算サイズは欠陥等の形状により実際のサイズとは大きく異なるものであり、欠陥サイズに基づく欠陥等の種類判別は信頼性の点から問題を残していた。また、検査員による目視判別方法では、その判別能力が検査員の能力に大きく依存しており、不安定かつ今後のウェーハに対する検査要求項目の高度化に対応することは困難であり、さらにはウェーハの大口径化に伴い、欠陥等を見逃してしまう確率が大きくなるといった課題を抱えていた。また、検査員による目視判別方法では、まず、その検査員の能力を評価しておかなければならず、工数及びコストの増大を招いていた。

実施の形態に係る半導体ウェーハ表面の検査方法では、レーザー表面検査装置を用いて検出されたL P Dの座標データをもとに、高角度受光系でのみ検出されたL P D、低角度受光系でのみ検出されたL P D、（高角度受光強度あるいは標準粒子換算サイズ／低角度受光強度あるいは標準粒子換算サイズ）値の異なるL P Dを選出し、その実形状をA F Mを用いて実際に観察した結果をもとに、前記L P Dを分類整理して上記表1および表2を作成しており、一旦、上記表1あるいは表2を作成してしまえば、後は、上記表1あるいは表2に示した分類に従い、レーザー表面検査装置を用い、低角度受光系と高角度受光系との光学系各々で検出された標準粒子換算サイズの整理を行えば、簡単かつ正確に付着異物や欠陥等あるいは表面キズ等の種類毎に分類することができる。

また、この判別は検査員によるものではないため、検査の自動化が可能であり、検査員の能力に依存することもなく、安定的に実施することができる。また、今後のウェーハ検査要求項目の高度化、ウェーハの大口径化にも容易に対応することができ、また、検査員をあらかじめ評価しておく必要もなく、検査工数及びコストの大幅低減をはかることができる。

また、上記実施の形態に係る半導体ウェーハ表面の検査方法では、レーザー表

面検査装置として 1 入射 2 受光系のレーザー表面検査装置を用いた場合について説明したが、レーザー表面検査装置としては何ら 1 入射 2 受光系のレーザー表面検査装置に限定されるものではなく、別の実施の形態では、2 入射 2 受光系のレーザー表面検査装置や、1 入射 3 受光系のレーザー表面検査装置を用いても差し支えない。

レーザー表面検査装置の受光系として少なくとも入射光に対して受光角度が異なる 2 つの受光系を備えておれば、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法の実施は可能であり、レーザー表面検査装置として 1 入射 2 受光系のレーザー表面検査装置を用いることにより検査コストを低く抑えることができる。

また、実施の形態に係る半導体ウェーハ表面の検査方法によれば、精度良くウェーハ表面に存在する欠陥等の種類を判別することができるため、単結晶から切り出された鏡面研磨半導体ウェーハの表面キズの検出のみならず、欠陥等の種類が多く、かつ欠陥数の少ないエピタキシャル半導体ウェーハにも適用することができ、欠陥等の種類が多いエピタキシャル半導体ウェーハ及び鏡面研磨ウェーハの品質評価を正確に行うことができる。

実施例及び比較例

以下、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法の実施例を説明する。

実施例 1

使用したレーザー表面検査装置： S P - 1 (T E N C O R 社製)

1 入射 2 受光系

使用サンプル： 200 mm エピタキシャルシリコンウェーハ

ウェーハ結晶面 (100)

エピタキシャル膜厚 6 μ m

サンプルであるエピタキシャルシリコンウェーハを、上記レーザー表面検査装置を用いて L P D の検出を行った。

2 つの各光学系で得られた L P D の座標、標準粒子換算サイズデータを整理し、表 1 及び図 1 に示した分類に基づいて L P D の実形状を推定処理した。これらのデータ処理の結果の一部を下記の表 3 に示す。

【表3】

レーザー表面検査装置による検出結果			A FM	判定
低角度受光系 (nm)	高角度受光系 (nm)	推定		
検出限界以下	115	微小高低欠陥	長さ10μm・高さ3nm(図2)	○
検出限界以下	160	微小高低欠陥	直径1μm×高さ20nm(図3)	○
95	127	S F	S F(図4)	○
108	136	S F	S F(図5)	○
106	136	S F	S F	○
107	135	S F	S F	○
107	134	S F	S F	○
149	150	付着粒子	付着粒子(図6)	○
104	111	付着粒子	付着粒子	○
90	118	S F	S F	○
検出限界以上	検出限界以上	マウンド	マウンド・異常成長(図7)	○

次に、得られたL P Dの座標データをもとに、レーザー表面検査装置を用いて検出されたこれらL P Dの実形状を実際にA FMを使用して確認し、表1及び図1に基づく分類の良否を判定した。この結果も併せて上記表3に示した。

また、図2～図9にはA FMを使用して確認されたL P Dの実形状の顕微鏡写真の代表例を示した。表3には、図2～図7に示したL P Dがどの例にあたるのかが分かるようにA FMの欄に図番を併せて記載した。また図8に示したL P Dは、表1の区分では($B > 160\text{ nm}$ and $A < 110\text{ nm}$)に分類されるものの一例を示しており、図9に示したL P Dは、表1の区分では、(上記以外)に分類されるものの一例を示している。

実施例に係る方法によればレーザー表面検査装置を使用した簡便な方法により

L P Dを少なくとも90%以上の確率で正確に形状分類することができた。

比較例 1

使用したレーザー表面検査装置：S F S 6 2 2 0 (T E N C O R社製)

1入射1受光系

使用サンプル：200mm エピタキシャルシリコンウェーハ

ウェーハ結晶面 (100)

エピタキシャル膜厚 2.1 μ m

サンプルであるエピタキシャルシリコンウェーハを、上記レーザー表面検査装置を用いてL P Dの検出を行った。

比較例としてはレーザー表面検査装置を使用した標準粒子換算L P Dサイズに基づく分類、及び暗室にて高輝度スポットライト光を照射し、目視により散乱体を検出する方法による分類を行い、これら検出されたL P Dの実形状をA F Mを使用して確認し、分類の良否を判定した。結果を下記の表4に示す。

【表4】

レーザー表面検査装置	目視	A F M
0.1 μ m > 10 個	0 個	SF(1辺3 μ mの正方形、L型、コ型、一型) 10 個
0.1-0.3 μ m 5 個	3 個 SF	SF(1辺3 μ mの正方形) 2 個 直径3.0 μ m × 0.2 μ m の Pit 1 個 異常結晶成長 1 個、付着パーティクル 1 個
0.3 μ m < 3 個	3 個異物	非エピ層起因異物 2 個、マウンド 1 個

上記表4に示した結果から明らかなように、目視による分類では、前提となるL P Dの検出率が30% (6個/18個) にしか達しておらず、分類以前に問題があることが明らかとなった。また、検出されたもののうちの50%程度しか正しく判別が行われていなかった。このように、検査員による目視判別では、その判別が不安定、かつ今後のウェーハに対する検査要求項目の高度化に対応することは困難であり、さらにはウェーハの大口径化に伴い、欠陥等を見逃してしまう

確率が大きくなるといったことが確認される結果となってしまった。

実施例 2

使用したレーザー表面検査装置： S P - 1 (T E N C O R 社製)

1 入射 2 受光系

使用サンプル： 200 mm 鏡面研磨 CZ - シリコンウェーハ

ウェーハ結晶面 (100)

サンプルである鏡面研磨 CZ - シリコンウェーハを、上記レーザー表面検査装置を用いて L P D の検出を行った。

2つの各光学系で得られた L P D の座標、標準粒子換算サイズデータを整理し、表 2 に示した分類に基づいて L P D の実形状を推定処理した。これらのデータ処理の結果の一部を下記の表 5 に示す。

【表 5】

レーザー表面検査装置による検出結果			AFM	判定
低角度受光系 (nm)	高角度受光系 (nm)	推定		
検出限界以下	112	Scratch or s-pit	Scratch 長さ 3μm (図 10)	○
検出限界以下	115	Scratch or s-pit	Scratch	○
98	142	Scratch or s-pit	s-pit (図 11)	○
110	149	Scratch or s-pit	s-pit	○
86	132	Scratch or s-pit	Scratch	○
91	検出限界以下	Bulk 中 Grown-in 欠陥	凹凸形状観察無	○
88	検出限界以下	Bulk 中 Grown-in 欠陥	凹凸形状観察無	○
132	133	付着粒子	付着粒子	○
104	109	付着粒子	付着粒子	○

次に、得られた L P D の座標データをもとに、レーザー表面検査装置を用いて検出されたこれら L P D の実形状を実際に A F M を使用して確認し、表 2 に基づく分類の良否を判定した。この結果も併せて上記表 5 に示した。

また、図 1 0 および図 1 1 には A F M を使用して確認された L P D の実形状の顕微鏡写真の代表例を示している。表 5 には、図 1 0 および図 1 1 に示した L P D がどの例にあたるのかが分かるように A F M の欄に図番を併せて記載した。実施例に係る方法によればレーザー表面検査装置を使用した簡便な方法により L P D を少なくとも 9 0 % 以上の確率で正確に形状分類することができた。

産業上の利用可能性

酸化膜耐圧等、半導体ウェーハを用いて作製される L S I 等の電気的特性に影響を与える半導体ウェーハ表面及び表面近傍に存在する欠陥及び付着パーティクル等を種類別に判別・検出して半導体ウェーハの品質を評価するのに利用することができる。

請 求 の 範 囲

1. ウエーハ表面にレーザー光線を照射して走査させ、前記ウエーハ表面から反射あるいは散乱した光を、入射光に対する受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数の受光系における受光強度比に基づいてウエーハ表面に存在する欠陥等の形態および種類を判別することを特徴とする半導体ウエーハ表面の検査方法。

2. ウエーハ表面にレーザー光線を照射して走査させ、前記ウエーハ表面から反射あるいは散乱した光を、入射光に対する受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数の受光系における受光強度比に基づく標準粒子換算サイズの差異より、ウエーハ表面に存在するレーザー光散乱体の水平方向長さと垂直方向高さ、あるいは水平方向長さとそれに直交する水平方向長さとの差違を算出し、ウエーハ表面に存在する欠陥等の形態および種類を判別することを特徴とする半導体ウエーハ表面の検査方法。

3. レーザー表面検査装置として少なくとも1入射2受光系を備えたレーザー表面検査装置を用いることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の半導体ウエーハ表面の検査方法。

4. 前記半導体ウエーハがエピタキシャル半導体ウエーハであることを特徴とする請求の範囲第1項～第3項のいずれかの項に記載の半導体ウエーハ表面の検査方法。

5. Aを高角度受光系で検出されたL P D (Light Point Defect) の受光強度あるいは標準粒子換算サイズとし、Bを低角度受光系で検出されたL P D の受光強度あるいは標準粒子換算サイズとした場合、A、BおよびA／Bで与えられる数値の組み合わせにより、欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴とする請求の範囲第1項～第4項のいずれかの項に記載の半導体ウエーハ表面の検査方法。

6. Aを高角度受光系で検出されたL P D (Light Point Defect) の標準粒子換算サイズとし、Bを低角度受光系で検出されたL P D の標準粒子換算サイズとした場合、下記の表1に基づいて欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴とする請求の範囲第1項～第4項のいずれかの項に記載の半導体ウエーハ表面

の検査方法。

【表 1】

A、Bの関係、範囲	実形状
$A \geq B \times 1.13$	積層欠陥 (Stacking Fault)
$A < B \times 1.13$	非エピ層起因異物 (付着粒子)
$B < 90 \text{ nm}$ and $A > 107 \text{ nm}$	微小高低欠陥 (hillock, shadow)
$B > 160 \text{ nm}$ and $A < 107 \text{ nm}$	異常成長 (大 pit、突起)
上記以外	異常生成物

7. 前記半導体ウェーハが鏡面加工された半導体ウェーハであることを特徴とする請求の範囲第1項～第3項のいずれかの項に記載の半導体ウェーハ表面の検査方法。

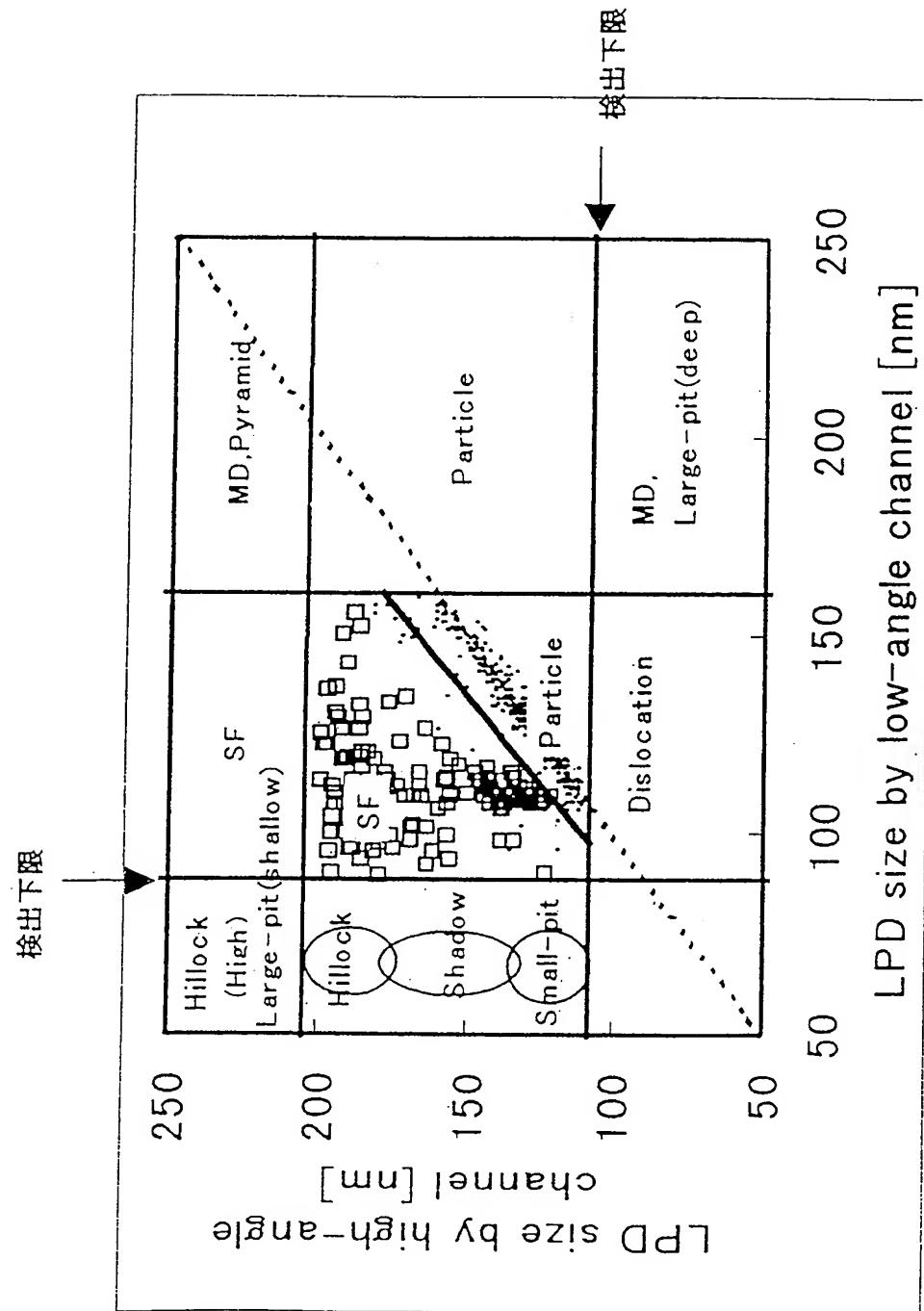
8. Aを高角度受光系で検出されたL P D (Light Point Defect) の受光強度あるいは標準粒子換算サイズとし、Bを低角度受光系で検出されたL P Dの受光強度あるいは標準粒子換算サイズとした場合、A、BおよびA／Bで与えられる数値の組み合わせにより、欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴とする請求の範囲第7項記載の半導体ウェーハ表面の検査方法。

9. Aを高角度受光系で検出されたL P D (Light Point Defect) の標準粒子換算サイズとし、Bを低角度受光系で検出されたL P Dの標準粒子換算サイズとした場合、下記の表2に基づいて欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴とする請求の範囲第1項～第3項又は第7項のいずれかの項に記載の半導体ウェーハ表面の検査方法。

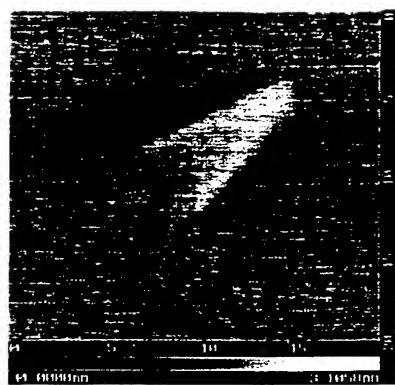
【表 2】

A、Bの関係、範囲	実形状
$A \geq B \times 1.13$ または $B < 90 \text{ nm}$ and $A > 107 \text{ nm}$	スクラッチ、キズ、シャローピット
$A < B \times 1.13$	付着粒子あるいはCOP
$B \geq 85 \text{ nm}$ and $A < 107 \text{ nm}$	表面近傍 Bulk 中 Grown-in 欠陥

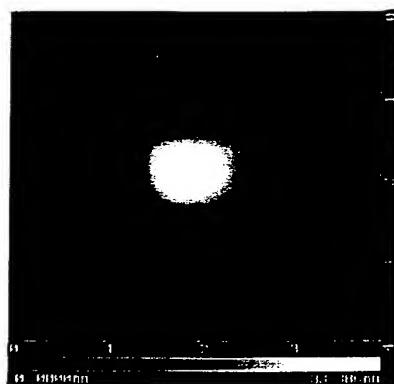
[図 0 1]



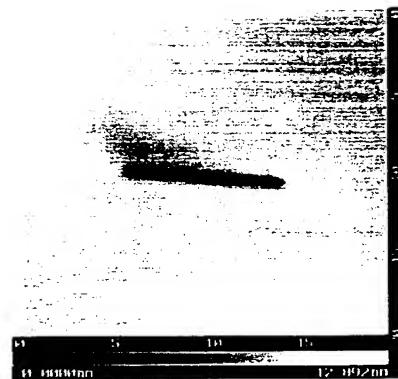
【図02】



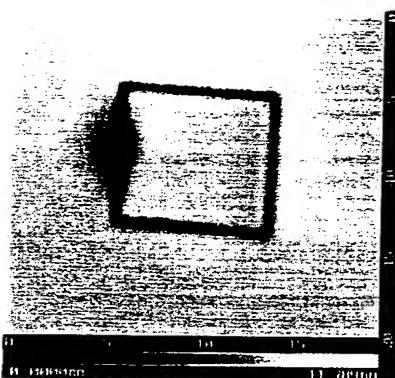
【図03】



【図04】



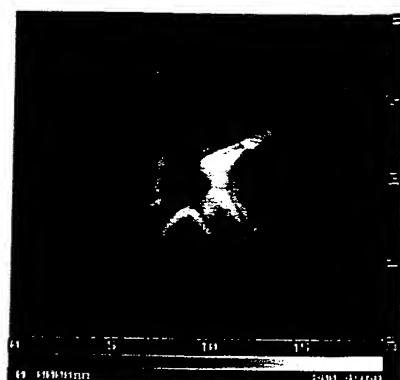
【図05】



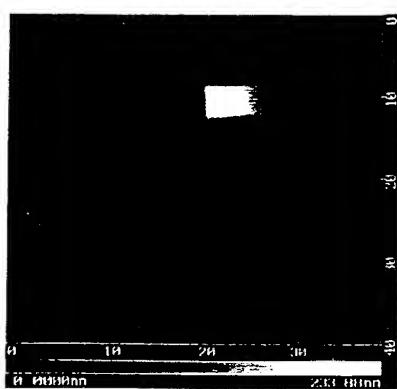
【図06】



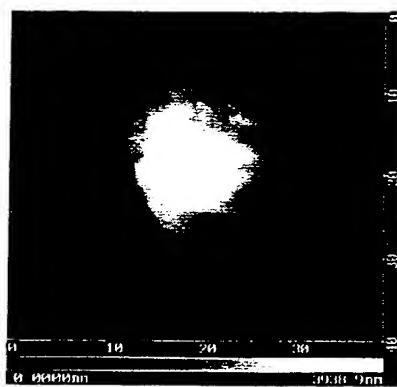
【図07】



【図08】



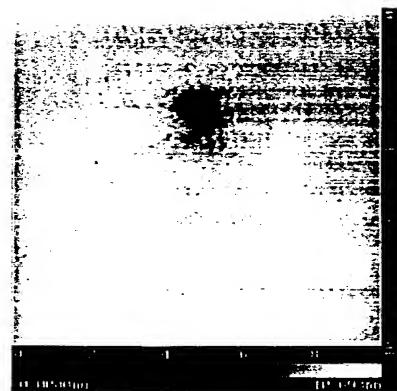
【図09】



【図 1 0】



【図 1 1】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/07147

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G01N21/956, H01L21/66

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01N21/88-21/958, G01B11/24-11/30, H01L21/66

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 11-501727, A (ADE Optical Systems Corporation), 09 February, 1999 (09.02.99), pages 24 to 27; Figs. 3, 6 & AU, 5092196, A & US, 5712701, A & EP, 815436, A & WO, 96/27786, A1 & CN, 1181135, A JP, 11-64234, A (Advantest Corporation), 05 March, 1999 (05.03.99), Par. Nos.[0007], [0013] to [0014], [0026] to [0034]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1, 3, 7
X	WO, 98/25131, A1 (ADE OPTICAL SYSTEMS CORPORATION), 11 June, 1998 (11.06.98), pages 18 to 22; Figs. 3,6,16,17	1, 3, 7
Y	pages 18 to 22; Figs. 3,6,16,17 & AU, 7626798, A & EP, 943088, A	1, 3, 7, 8 5
X	JP, 11-111792, A (NEC Corporation), 23 April, 1999 (23.04.99), Par. Nos. [0008] - [0011]; Figs. 1 to 3	1, 3, 4
Y	Par. Nos. [0008] - [0011]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	5

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 27 December, 2000 (27.12.00)	Date of mailing of the international search report 16 January, 2001 (16.01.01)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/07147

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	JP, 2000-162141, A (Hitachi, Ltd., Hitachi Electron Eng. Co., Ltd.), 16 June, 2000 (16.06.00), Full text; Figs. 1 to 9	1, 3, 7, 8

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C1⁷ G01N21/956, H01L21/66

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C1⁷ G01N21/88-21/958, G01B11/24-11/30, H01L21/66

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 11-501727, A (エイド・オプティカル・システム ズ・コード・プレイション) 9. 2月. 1999 (09. 02. 99) 第24頁-第27頁, 第3, 6図 & AU, 5092196, A & US, 5712701, A & EP, 815436, A & WO, 96/27786, A1 & CN, 1181135, A	1, 3, 7

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 12. 00

国際調査報告の発送日

16.01.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)

田邊 英治

2W 9409



電話番号 03-3581-1101 内線 3290

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 11-64234, A (株式会社アドバンテスト) 5. 3月. 1999 (05. 03. 99) 段落番号【0007】、【0013】-【0014】、【0026】-【0034】、第1-3図 (ファミリーなし) WO, 98/25131, A1 (ADE OPTICAL SYSTEMS CORPORATION) 11. 6月. 1998 (11. 06. 98) 第18頁-第22頁、第3, 6, 16, 17図	1, 3, 7 1, 3, 7, 8
Y	第18頁-第22頁、第3, 6, 16, 17図 & AU, 7626798, A & EP, 943088, A	5
X	JP, 11-111792, A (日本電気株式会社) 23. 4月. 1999 (23. 04. 99) 段落番号【0008】-【0011】、第1-3図	1, 3, 4
Y	段落番号【0008】-【0011】、第1-3図 (ファミリーなし)	5
P, X	JP, 2000-162141, A (株式会社日立製作所、日立電子エンジニアリング株式会社) 16. 6月. 2000 (16. 06. 00) 全文、第1-9図	1, 3, 7, 8